

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

SIFÓN DE HORMIGÓN ARMADO

SOBRE EL RÍO SOSA Y BARRANCO DE RIBABONA

EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA

IV

En el artículo anterior, publicado en la REVISTA del día 3 del corriente, expliqué la composición del molde para contener el hormigón de los tubos; pero antes de detallar la manera de hacer el moldeo de éstos es indispensable fijar la atención en un punto de gran importancia, tal, que ha constituido una de mis mayores preocupaciones durante la ejecución de la obra, como que de la posibilidad ó imposibilidad de encontrar para él una solución práctica, dependía la posibilidad ó imposibilidad de ejecutar el sifón.

Este punto esencial se refiere á que las camisas de palastro colocadas en las camas sobre sus tacos y dispuestas para aplicarles el molde descrito, no podían recibirle porque estaban todas sensiblemente deformadas y algunas con deformaciones de bastante importancia y de todo punto inevitables, dado el pequeño espesor de las chapas de palastro.

Para aplicarles el molde era necesario que dichas camisas fuesen exactamente circulares. La mitad inferior de ellas se conservaba bastante circular por la acción de los tacos que las separaban de la cama; sin embargo, estos tacos producían á veces deformaciones ó abolladuras en dichas camisas. La mitad superior estaba siempre bastante deformada, no sólo por la acción de su propio peso, sino por la de los hierros de la armadura exterior, que colgaban de dichas camisas, y por los golpes que éstas recibían al pasar por encima de los tubos hombres, materiales y medios auxiliares, que tenían que pasar forzosamente por allí.

Era, pues, imprescindible idear un medio de hacer desaparecer todas las deformaciones y colocar exactamente circulares las camisas de palastro. Ya había tenido yo que pensar en esto cuando vi las dificultades que había para soldar entre sí las virolas de cada tubo, dificultades aumentadas por las irregularidades de las virolas que, como ya he indicado, no eran exactamente circulares y presentaban cuatro puntos salientes. Entonces pensé en obligarlas á tener sus bordes en contacto, con la mayor precisión posible, empleando un elemento de mandril extensible, compuesto de dos camones opuestos, enlazados por un diámetro. los camones se acercarían ó separarían del centro del círculo aflojando ó apretando cuñas dispuestas en los extremos de dicho diámetro. Una vez aplicado á dos virolas contiguas este

elemento de mandril y soldados los trozos de círculo opuestos que le corresponden, se aflojarían las cuñas y se haría girar el mandril para continuar la operación en mayor longitud de la junta.

Desechada la soldadura autógena, no hubo ocasión de aplicar este procedimiento; pero esta ocasión se presentó más tarde, al sentir en el moldeo de los tubos la necesidad de hacer exactamente circulares las camisas de palastro. Como el problema ya no era el mismo, claro es que tenía que variar algo el medio de resolverle; el problema aquí consistía en hacer completamente circulares las camisas de palastro durante el moldeo de la parte exterior del tubo; una vez fraguado el hormigón, él mismo obligaría á la camisa de palastro á conservarse circular, pudiendo desde entonces prescindir de los medios que hubieran servido para conseguir este resultado.

El medio empleado para hacer circulares las camisas de palastro consistió en unos mandriles extensibles (fig. 23) muy sen-

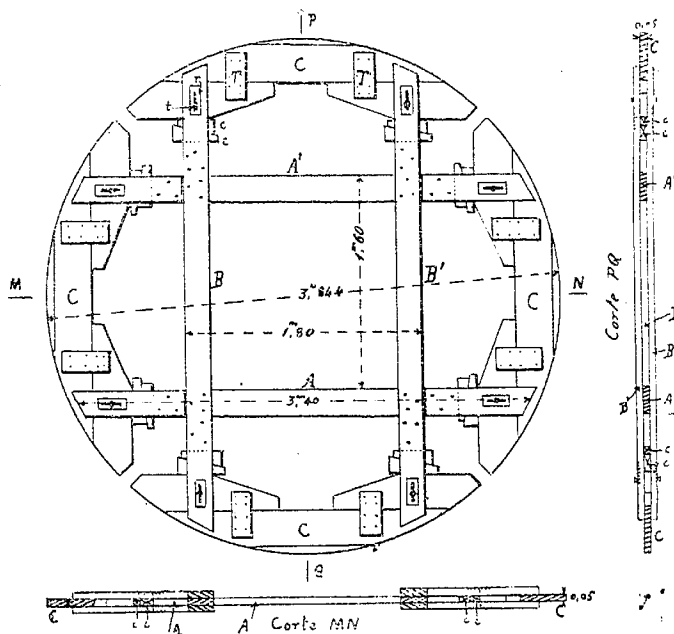


Fig. 28.

cillos, pero aplicados no á una parte, sino á toda la circunferencia de la camisa. Constan de cuatro camones *C*, de cerca de un cuadrante de desarrollo cada uno; en lugar de estar enlazados por dos diámetros perpendiculares, lo están por cuatro cuerdas *A*, *A'*, *B*, *B'* normales y paralelas dos á dos (un solo diámetro

para cada dos camones seria poco eficaz, dado el gran desarrollo de éstos), que terminan en horquillas h, h' con unas ranuras r de borde metálico; el camón va metido en las horquillas y lleva unos topes t , en correspondencia con las ranuras, sirviendo éstas de guías para aquéllos; merced á esto, el camón desliza paralelamente á sí mismo; dicho camón se aleja ó acerca del centro del tubo apretando ó aflojando unas cuñas c, c colocadas dentro de las horquillas. En el alzado se ve la disposición de conjunto del mandril y en los cortes por MN y PQ se detalla su estructura.

En los cuatro puntos de cruce de las piezas A y B se enlazan éstas entre sí clavándolas fuertemente con objeto de que el conjunto sea casi indeformable. Este enlace es sólido por la composición misma de las piezas A y B . En efecto, las piezas A se componen (fig. 29) de un tablón a de $0,20 \times 0,05$ y una longitud

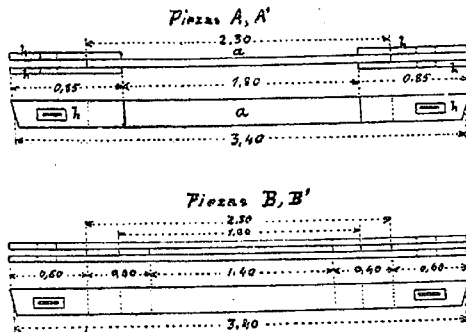


Fig. 29.

de $2\text{m},30$, que es la separación entre las cuñas, y cuatro trozos h de $0,20 \times 0,05 \times 0\text{m},80$, clavados á los extremos del tablón anterior, formando dos horquillas de $0\text{m},55$ de longitud. Las piezas B se componen de tres tableros superpuestos de $0\text{m},20 \times 0\text{m},05$, pero de diferente longitud; la parte intermedia consta de tres pedazos: uno central de $1\text{m},40$ de longitud y dos laterales de $0\text{m},20$ de longitud, separados del central esta misma cantidad de $0\text{m},20$. Estos tres pedazos van clavados á los otros dos tableros de $3\text{m},40$ de longitud, cuyos extremos h' forman horquillas análogas á las anteriores. Las cajas que dejan entre sí los tres pedazos del tablón intermedio sirven para que en ellas se introduzcan los tableros a .

Los camones C se componen (fig. 30) de varias piezas C_1 y C_2

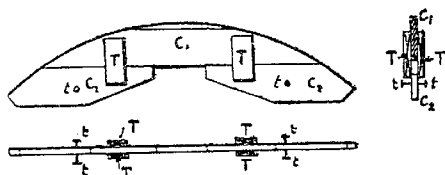


Fig. 30.

con objeto de utilizar en su construcción maderas de escuadría corriente, $0\text{m},20$ ó $0\text{m},25$ de anchura; el grueso de estos camones es de $0\text{m},05$. Las piezas C_2 son las que llevan unos topes t que, introducidos en las ranuras r de las horquillas h y h' sirven para guiar el camón en su movimiento.

Estas piezas C_2 se unen á las C_1 sólidamente y se refuerza el enlace con tablas T clavadas á ellas por ambos lados del camón.

En los cantos de las horquillas h y h' hay señales formando reglas graduadas para que, al apretar ó aflojar las cuñas, cada camón avance ó retroceda una cantidad igual por ambos lados, trasladándose paralelamente á sí mismo (los toques tienen cierto juego en las ranuras y permiten el movimiento del camón aunque esté algo torcido); estas señales sirven, además, para que todos los camones avancen ó retrocedan una misma cantidad.

Los camones están cortados en la periferia según arco de círculo de $3\text{m},844$ de diámetro, que es el interior de las virolas extremas de cada tubo, y claro es que solamente para este diámetro el mandril coincidirá en todo su desarrollo con la circunferencia correspondiente; esta posición *normal* de los camones está indicada especialmente en las escalas graduadas.

Pues bien, estos mandriles se aplican á las camisas de palastro poniendo uno en cada extremo (fig. 31). Aflojando las cu-

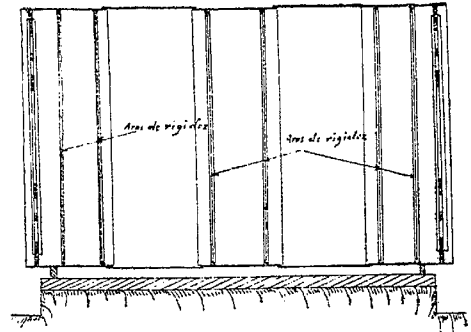


Fig. 31.

ñas se aproximan los camones al centro y el mandril entra holgadamente en el tubo; luego se coloca normalmente al eje de éste, cerca del borde, y se van templando las cuñas poco á poco; á medida que los camones se van aproximando á su posición *normal* van corrigiendo las irregularidades de forma de la camisa de palastro, y cuando llegan á alcanzar aquella posición dicha camisa queda exactamente aplicada al mandril y convertida en un círculo perfecto.

Algunas veces la deformación de la camisa había adquirido tal rigidez que era difícil corregirla con el solo auxilio de las cuñas, que rebotaban á los golpes recibidos; en estos casos se usaban unos *gatos* en forma de botella, de 3 á 4 toneladas de potencia, que se colocaban apoyados contra las partes a, b, a' y b' y actuaban sobre las piezas C_1 ; colocando dos gatos por camón se conseguía el avance de éste con facilidad y entonces las cuñas servían para impedir el retroceso.

Aplicando un mandril á cada extremo del tubo, ya he dicho que se hacía éste perfectamente circular; pero durante esta operación el tubo estaba sometido á ciertos movimientos que alteraban á veces la posición de los tacos sobre que estaba apoyado inclinándolos y, en algunas ocasiones, derribándolos. Era, pues, preciso procurar que al hacer exactamente circular el tubo se colocase éste exactamente paralelo á la cama y á 15 centímetros de distancia de ella por todos lados. Con este objeto se empleaban los mismos *gatos* que acabo de citar, los cuales, actuando por la parte inferior del tubo, en los espacios que había entre cama y cama, lo suspendían y movían en sentido adecuado para colocar de nuevo los tacos en las posiciones convenientes. Fácilmente se comprende que esta era una de las operaciones más molestas y delicadas de toda la obra. Había brigadas especiales para hacer este trabajo.

Colocado de esta suerte un tubo perfectamente circular en su cama, paralelo á ella, ya se le podía aplicar el molde y ya era posible hormigonarle; pero no bastaba que cada tubo estuviese en su cama y que fuese perfectamente circular; era indispensable que las camisas de palastro de todos los tubos estuviesen exactamente en prolongación las unas de las otras, no sólo con objeto de que las canales de junta, ya descritas, pudieran coserse fácilmente á los bordes de dos tubos contiguos, cosa de gran importancia, sino principalmente con el fin de que todos los trozos de tubo de $6\text{m},45$ de longitud tuvieran sus ejes en el mismo plano vertical de simetría del conducto y, además, que estos ejes dibujasen exactamente en alzado el eje de aquél sin escalones ni cambios bruscos, que no era posible tolerar.

Aunque parece imposible que las camisas de palastro, regula-

rizadas en su forma por los mandriles, y colocadas a 15 centímetros de separación exacta de las camas, dejasen de estar en prolongación las unas de las otras, hay que tener presente que las camas, ejecutadas con hormigón basto, no podían estar perfiladas al milímetro, y aunque así sucediese, tenían que estar sometidas a desgastes, sobre todo en los extremos, que era donde se colocaban los tacos, a causa de los transportes que se hacían por ellas; se comprende, pues, que, a pesar de todo, no estuvieran en prolongación las camisas de palastro de los diferentes trozos de tubos.

La satisfacción experimentada por mí al idear los mandriles y ver el admirable efecto que producían, pues a pesar de su aparente endeblez (dadas sus dimensiones), eran capaces de poner en peligro las costuras de la camisa de palastro, trocése pronto en profunda preocupación en vista del nuevo problema que se presentaba para conseguir que dichas camisas estuviesen en prolongación exacta, al milímetro, y como todo esto era preciso resolverlo urgentemente, sin tiempo apenas para meditar, nada tiene de extraño que el desaliento haya sido muchas veces gran consejero de la rescisión de la contrata.

Por fortuna, la permanente sobreexcitación del ánimo, a consecuencia de las vicisitudes por que había pasado la obra, y de las especialísimas condiciones de tiempo en que había que ejecutarla, favorecía el desarrollo de nuevas ideas apenas muertas otras que acababan de germinar, y de este modo, ensayando con urgencia procedimientos varios, llegué sin tardar mucho al más práctico, más sencillo y único posible de aceptar. Primero se abrieron en la periferia de cada camón tres cajas; con objeto de introducir por ellas unos barrotes de madera dura que, a modo de generatrices de las camisas de palastro, enlazasen los dos mandriles puestos en los extremos de dos tubos contiguos (figura 32), á uno y otro lado del espacio de 0^m,05 que los separa. Es-

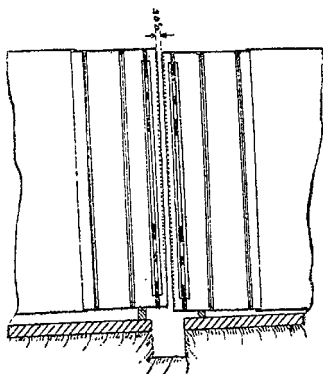


Fig. 32.

tas cajas se ven en el mandril que representa el segundo fotograbado publicado en el artículo del 1.º de Marzo pasado, en el cual fotograbado está el que estas líneas escribe subido a la pieza A, para dar idea de las dimensiones del mandril, y en la parte inferior están dos de los encargados de la obra.

Pues bien, a pesar de estos doce barrotes que enlazaban los mandriles, formando con ellos un trozo de cilindro dibujado por dos secciones rectas y doce generatrices, no era posible colocar las camisas contiguas en prolongación, pues los barrotes se inclinaban y formaban como generatrices de un cilindro oblicuo.

Después se trató de colocar los mandriles frente a frente con toda exactitud (con lo cual se resolvería el problema) por medio de unos tirantes metálicos que enlazasen, en los puntos de cruce; las piezas A y A', B y B' del un mandril a las A' y A, B' y B del otro; actuando sobre los templadores de estos tirantes pensaba llegar a colocar los mandriles y, por tanto, los tubos en la posición deseada. Antes de que llegasen de Barcelona estos tirantes, que había encargado con gran urgencia, se me ocurrió la solución verdaderamente práctica de este problema, se ensayó con

admirable resultado, y los tirantes que llegaron luego no los he utilizado para nada.

Esta solución consiste en colocar un solo mandril en el mismo espacio que separa los tubos (fig. 34); apretando entonces las cuñas, no sólo se consigue hacer circulares a un tiempo los dos tubos, sino que éstos quedan exactamente en prolongación el uno del otro. Como el grueso de los camones era de 0^m,05, y este

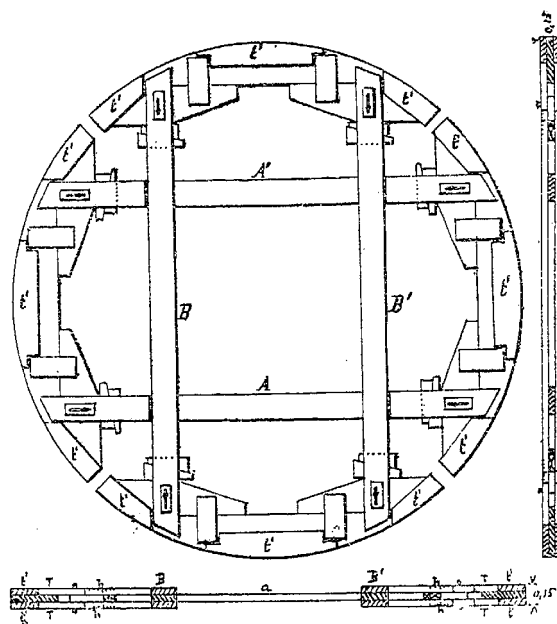


Fig. 33.

mismo número indicaba la distancia que existía entre las camisas de palastro, resultaba que había que aumentar dicho grueso, por lo menos en la periferia de los mandriles. Al efecto, se clavaron a un lado y otro de los camones unos trozos t' de tablo nes (figs. 33 y 34), recortados según el mismo arco que aqué-

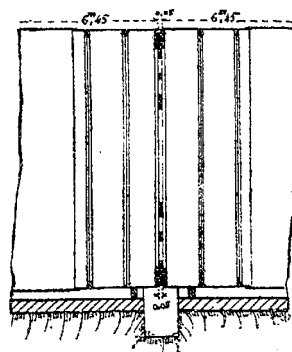


Fig. 34.

llos, resultando así el contorno de los mandriles con un grueso mínimo de 15 centímetros, muy suficiente para que el mandril cogiese los bordes de dos tubos contiguos.

Sin embargo, se dejó de reforzar en esta forma algunos mandriles porque podían desempeñar ciertos servicios sin necesidad de refuerzo; por ejemplo, servían para ser colocados en los extremos de los tubos contiguos a los boquetes que se dejaron en las dos tuberías. El fotograbado citado anteriormente representa un mandril sin reforzar que estaba aplicado en el boquete del Ribabona al tubo 120.

Había dos brigadas destinadas a colocar los mandriles en sus sitios, haciendo perfectamente circulares las camisas de palastro, y poniendo las unas en prolongación de las otras; de dichas brigadas formaban parte los que actuaban con los gatos en las

partes inferiores de los tubos. El trabajo de estas brigadas era muy penoso, y muchas veces había que ejecutarlo por la noche para que al día siguiente hubiera ya tubos dispuestos para el moldeo. Al detallar éste, indicaré algo sobre las maniobras que había que hacer con los mandriles.

Hechas completamente circulares las camisas de palastro y colocadas exactamente en prolongación las unas de las otras, se podía ya moldear los tubos.

El hormigón se componía mezclando los ingredientes en las siguientes proporciones:

- 450 kilogramos de cemento.
- 400 litros de arena.
- 800 litros de gravilla.
- 220 a 280 litros de agua (según la temperatura).

El cemento era Portland artificial de fraguado no muy lento, marca Vicat; la arena y la gravilla eran excelentes, siendo la mayor dimensión de esta última 2 centímetros.

Para moldear los tubos había construido Mr. Bonna un carro

para depositar los sobrantes que fueran llevando las brigadas destinadas a este objeto, teniendo que resultar necesariamente discontinuo el trabajo de estas brigadas. Por todas estas razones deshice el carro de Bonna, y cambiando radicalmente el procedimiento de moldeo, adopté el que paso a describir.

Los ocho acopios de gravilla y arena (pues la grava se agotó al terminar las camas) que había repartidos en puntos convenientes del perfil longitudinal, estaban a la derecha del sifón, en el lado de aguas abajo, próximos al conducto II; pues en dicho lado de aguas abajo se hacían todas las manipulaciones del hormigón y éste se vertía en los moldes por medio de canaletas que a ellos lo conducían.

Explicaré primero cómo se hizo el moldeo de la tubería I, que se terminó antes de colocar la II; el moldeo de ésta, más fácil y rápido, lo detallaré después.

En la fig. 35 indico la disposición general adoptada (1): las albercas para hacer el hormigón eran muy sencillas y ligeras y se colocaban cerca del borde de la trinchera; el cemento, arena y gravilla no se echaban separadamente en las albercas para añadir luego agua y revolverlo todo, mezclándolo perfectamente,

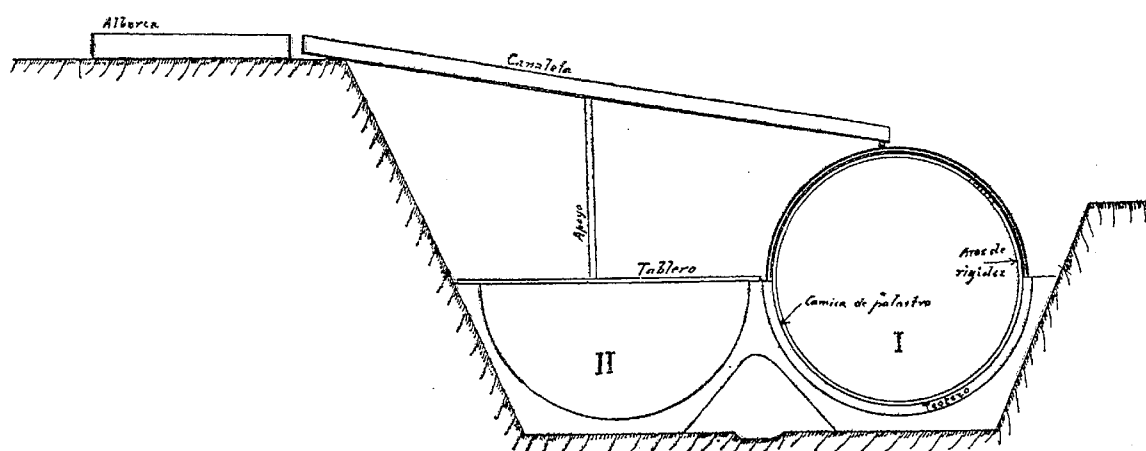


Fig. 35.

parecido en su estructura al ya descrito para colocarlos en las camas; tenía también ocho ruedas, había de moverse sobre carriles y los montantes servían de apoyo a una plataforma de madera de gran extensión, y de tan excesiva anchura que no cabía por las trincheras; dicha plataforma estaba a 4^m,50 de altura sobre las camas y en ella se habían de colocar cuatro pesadísimas albercas para hacer el hormigón. Para hormigonar los tubos se colocaría primeramente el molde completo de cada uno y por el espacio que dejan en la parte superior los bastidores, se vertería el hormigón de las albercas.

No estando yo conforme con este plan para moldear los tubos, puse en ejecución otro completamente diferente: deshice el carro de moldeo, que había consumido una gran cantidad de madera, y con ella construí los dos carros para colocar tubos en las camas, que destiné al puente del Sosa y a la rampa desde el Ribabona a la cabeza de salida; también deshice las cuatro albercas que, por su pesadez, resultaban de imposible aprovechamiento.

Para moldear los tubos con la rapidez que era necesaria, se hubieran necesitado no cuatro sino diez carros de moldeo cuando menos; además, teniendo sus plataformas tan elevadas sobre las camas, resultaban aquéllas muy por encima del terreno en casi toda la longitud del sifón, exigiendo elevar los materiales inútilmente para amasar la pasta, que luego había que verter en los moldes, descendiendo otra vez aquéllos; por otra parte, el servicio de dichos materiales desde los puntos en que estaban acopiados hasta las plataformas de los carros, tenía que resultar muy caro, pues, aparte otras razones, no había sitio en aquéllas

sino que dichos materiales se mezclaban en seco, fuera de las albercas, y se manipulaba la mezcla de modo que los ingredientes estuviesen íntimamente unidos, formando un conjunto homogéneo. Había, pues, brigadas que se dedicaban a transportar los materiales desde los acopios a los puntos de empleo, los median exactamente con cajones adecuados, los mezclaban íntimamente y formaban cerca de las albercas depósitos de estas mezclas homogéneas, no siendo preciso en el momento de hacer el hormigón volver a medir los ingredientes, sino echar en las albercas el contenido de estos depósitos; añadiendo después el agua y revolviendo la pasta con toda perfección, se obtenía un hormigón homogéneo y excelente.

Este hormigón se amasaba con una cantidad de agua variable de unos días a otros, según la temperatura, y variable durante el día de unas horas a otras; a primera hora de la mañana y a la caída de la tarde, la cantidad de agua era menor que en las horas de aquel calor insoportable que allí se sentía; el objeto era conseguir que a todas horas la pasta tuviera el mismo grado de fluidez al echarla en el molde. Esta fluidez de la pasta era muy grande y no creo poder dar idea de ella sino comparándola, y aun diciendo que es algo superior, a la fluidez que se da en el moldeo de la piedra artificial a la parte interior que se rellena de ordinario con hormigón de cemento rápido.

(1) En todas las figuras que siguen, excepto en las 53 y 63, se ven en proyección los mandriles aplicados a los tubos; pero no se han dibujado, para dar mayor claridad a las figuras.

Una vez formada la papilla, que así se puede llamar por lo fluida, se recogía de las albercas con cubos y se vertía en las canaletas de madera, apoyadas en su punto medio como indica la figura. Cuando por la gran cota de la trinchera, estas canaletas tenían mucha inclinación, el hormigón corría por ellas con velocidad, y cuando la inclinación era pequeña y no podía aumentarse ni elevando el extremo sobre un apoyo provisional de altura conveniente, se empujaba el hormigón, dedicándose a ello dos ó tres peones en cada canaleta. De este modo llegaba el hor-

se iba rellenando de hormigón la parte inferior del tubo, dos peones, colocados en el interior de éste, iban golpeando con mazos de madera la camisa de palastro con objeto de facilitar la buena repartición del hormigón y evitar bolsas en éste; por el sonido especial que producían estos golpes se sabía si se habían formado huecos en el hormigón ó si éste rellenaba perfectamente el espacio entre la cama y la camisa de palastro.

Una vez relleno un costado de la mitad inferior del tubo hasta que el hormigón llegase cerca del borde superior de la

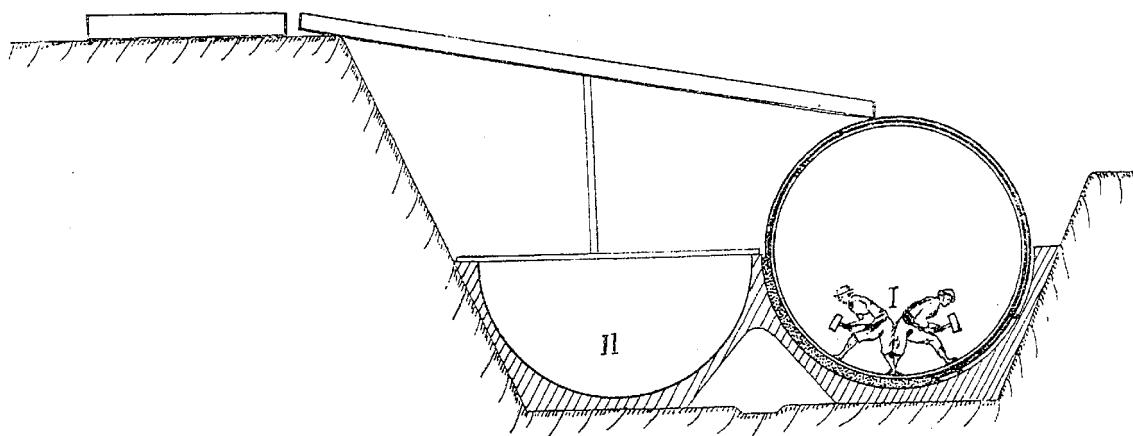


Fig. 36.

migón a la parte superior de la camisa de palastro, que ya tenía puestos los testeros inferiores de sus extremos y estaban colocadas las chapas que cierran los espacios comprendidos entre estos testeros y las camas; es decir, estaba completo el molde para la mitad inferior del tubo.

Llegado el hormigón al extremo de la canaleta se conseguía verterlo por el un costado ó por el otro del tubo con sólo apoyar aquella un poco antes ó un poco después de su generatriz superior. Después de lavada la cama con agua á chorro llegaba el

cama, como se representa en la figura 36, que es una sección entre dos directrices, se hacía, por un pequeño movimiento de la canaleta, que el hormigón cayese por el costado opuesto, rellenándose así toda la parte inferior del tubo. Después se colocaban los testeros de la parte superior y los primeros tableros del molde con las ataduras correspondientes y se vertía sucesivamente el hormigón por ambos costados del tubo hasta los bordes de los tableros; se ponían luego otros tableros y se continuaba rellenando de hormigón hasta llegar al espacio su-

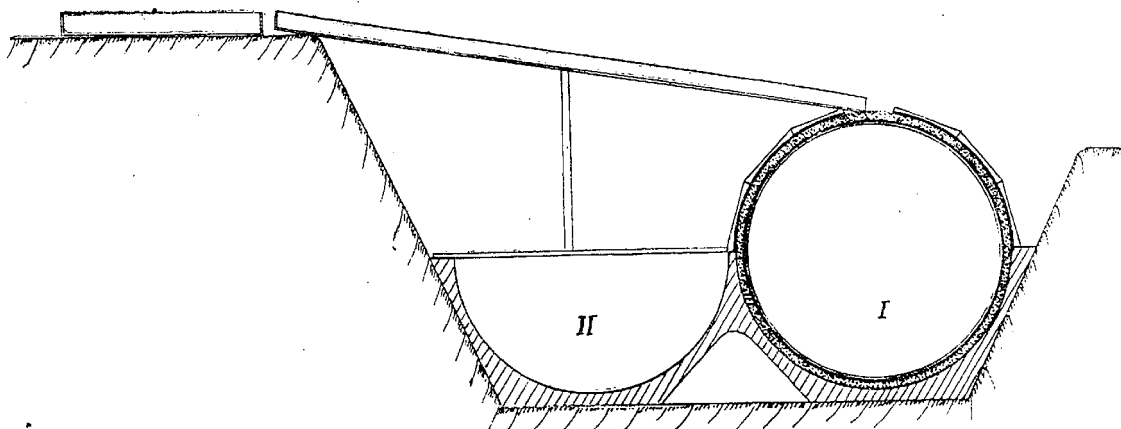


Fig. 37.

hormigón a la parte inferior de la camisa de palastro lamiendo ésta y rellenaba el espacio de 15 centímetros comprendido entre ella y la cama, envolviendo los hierros de la armadura exterior; á pesar de la fluidez de la pasta no se elevaba por el lado opuesto del tubo, lo cual no es de extrañar gran cosa, porque de una parte el gran rozamiento de la pasta con la superficie de la cama, de otra la dificultad que ponían á su movimiento los hierros de la armadura y, por último, la consistencia que ella misma iba tomando á medida que pasaba el tiempo, eran partes suficientes á producir aquel resultado. Al mismo tiempo que

perior, en que no había moldes con objeto de que por él pudiera verterse el hormigón (fig. 37). Este espacio de pequeño volumen se rellenaba fácilmente sin necesidad de molde alguno.

No en toda la longitud del sifón la trinchera tenía bastante cota para que la canaleta resultase con la pendiente necesaria. En bastantes sitios el terreno enrasaba con la parte superior de las camas, y en estos casos el moldeo se hacía de la manera que indica la figura 38. Sobre los bordes de la cama correspondiente á la tubería II, la contigua á los acopios de materiales, se montaba un tablero apoyado en su centro sobre un larguero sos-

tenido por pies derechos, y sobre este tablero, de igual longitud que las camas, se colocaban las dos albercas que se empleaban para moldear cada tubo.

El moldeo de éste se hacía de un modo distinto del que acabo de explicar. Para moldear la parte inferior, situada del lado de la alberca, se destapaba el testero de ella, que era móvil, y se vertía rápidamente todo su contenido entre la cama y la camisa

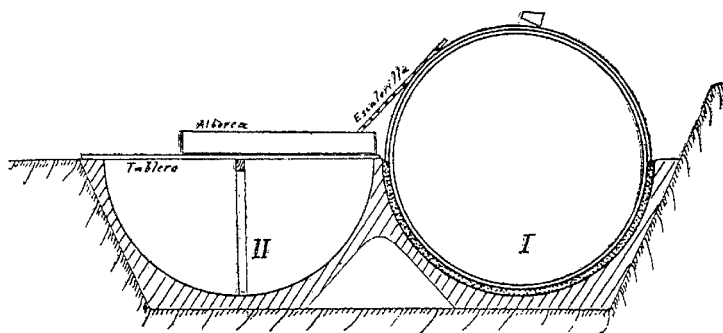


Fig. 38.

de palastro; para la parte opuesta se recogía el hormigón de la alberca con calderos, y se elevaba con auxilio de escalerillas a la parte superior del tubo donde se vertía de igual modo que cuando llegaba por la canaleta. La mitad superior del tubo se hormigonaba colocando sucesivamente los tableros del molde y vertiendo el hormigón por encima del borde de ellos en la parte inmediata a la alberca; en la parte opuesta se vertía siempre el hormigón por la parte superior del tubo.

Sobre el puente del Sosa y pontón del Ribabona, el moldeo era más dificultoso. En efecto, sobre dichas obras de fábrica las albercas se colocaban sobre un tablero análogo al descrito anteriormente; pero no teniendo apoyo en las camas sino por un lado, por haber tenido que dejarlas incompletas, como ya se sabe, se hubo de buscar el apoyo necesario en un larguero *l* (fig. 39), sostenido por pies derechos *p*, apuntalados con tornapuntas *t*.

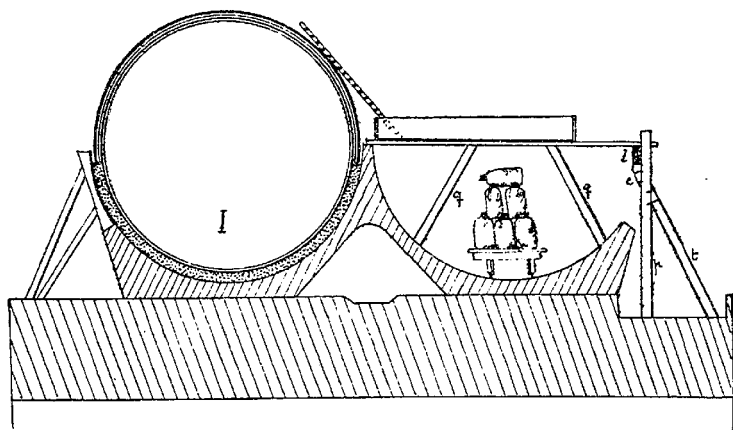


Fig. 39.

El transporte de materiales a estos andamios era carísimo y dificultoso, pues había que llevar la mezcla de arena, cemento y gravilla desde los acopios, que estaban muy distantes, sobre todo en el Sosa, en sacos, que se colocaban sobre plataformas; para transportar éstas se colocaba vía en las camas de la tubería II; las plataformas cargadas pasaban por debajo de los tableros, no siendo posible, como antes, apoyar éstos sobre postecillos colocados en la parte central; era preciso apoyarlos sobre piezas *q*, *q* que dejaban libre el paso a la plataforma. Como la vía era sencilla, y no se podía llevar una plataforma cargada hasta que volviese descargada la que se había llevado anteriormente, el transporte resultaba msumamente difícil y caro; para

facilitarlo se llevaban a un tiempo tantas plataformas cargadas como brigadas hubiese sobre los tableros, formando verdaderos trenes de material que avanzaban y retrocedían siempre completos.

Como en estas obras de fábrica los bordes de las camas quedaron tan bajos, el molde exterior de los tubos adquiría más desarrollo; los primeros tableros de este molde estaban sometidos a una carga muy grande, y con objeto de asegurarlos bien se apuntalaban (fig. 39), con tornapuntas apoyadas en la rasante del puente. El moldeo de estas partes exteriores era bastante peligroso.

Otros tubos que necesitaban moldeo especial eran los 53 y 54 en el Sosa y 119, 120 y 121 en el Ribabona. Los del Sosa no tenían hecha la cama correspondiente y estaban simplemente colocados sobre la parte *a b c d* ó solera de ella. Para moldearlos había que rellenar el espacio comprendido entre la parte inferior de la camisa de palastro y dicha solera; una vez algo endurecido este hormigón, que no era tan fluido como el resto, se quitaban las piezas de madera en que se apoyaba el tubo; algunas veces no era posible quitarlas y se les prendía fuego; para moldear el resto del tubo se colocaban tableros (fig. 40) desde la

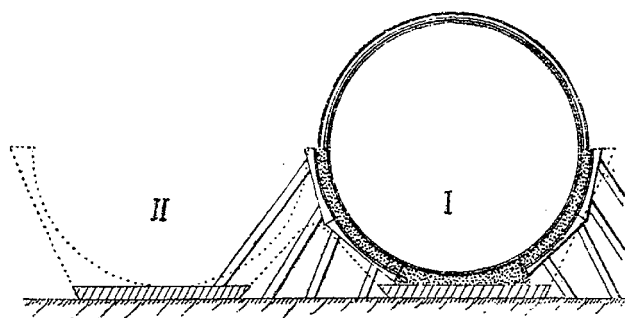


Fig. 40.

parte inferior a la superior, aplicando los primeros a los testeros por medio de tornapuntas apoyadas en el suelo. En Ribabona las camas tenían hechas las soleras y el costado de aguas arriba. El segundo fotograbado publicado en el número del 1.º de Marzo, que ya cité al hablar de los mandriles, representa el tubo 120, acabado de hormigonar con su molde completo. Se hacía luego la semicama correspondiente y parte de la contigua sirviendo de molde interior el mismo tubo hormigonado (fig. 41).

El hormigonado de la tubería II fué mucho más sencillo que el de la I, porque aun en los sitios que no resultaba bastante in-

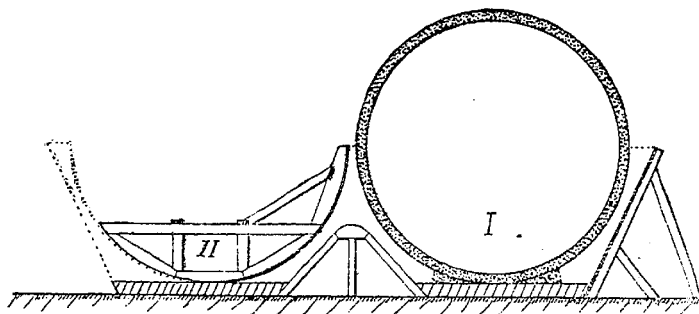


Fig. 41.

clinada la canaleta para la tubería I había (fig. 42) inclinación sobrada para la tubería II; además, en los sitios donde era necesario para la tubería I colocar las albercas sobre tableros, no se necesitaban éstos para la II, y quedaba más cerca ésta de los acopios de materiales. Únicamente sobre las obras de fábrica resultó molesto hormigonar esta segunda tubería, porque los materiales había que pasarlos por encima de la primera, sin vía, y con bastante exposición y peligro.

También en esta segunda tubería había tubos que necesitaban moldeo especial: eran los 53' y 54' en el Sosa y los 119', 120' y 121' en el Ribabona; se moldearon como sus análogos de la primera tubería.

Una ventaja que había en el moldeo de este segundo conducto, era que los bastidores de los moldes en la parte superior contigua al primero se sujetaban perfectamente por medio de tornas apoyadas contra él (fig. 42), no siendo necesario colocar

manera extraordinaria la práctica de mezclar en seco el cemento, arena y gravilla. Aunque ya sé que esta práctica es viciosa y sólo es tolerable cuando la arena y gravilla no están húmedas, era tan excesivo el calor que allí se sentía y era el ambiente tan seco, que dichos materiales parecían calcinados; en el interior de aquellos enormes acopios que habían sido formados con arena y gravilla que chorreaban agua, pues desde el lavadero fueron transportados directamente á ellos, no se nota-

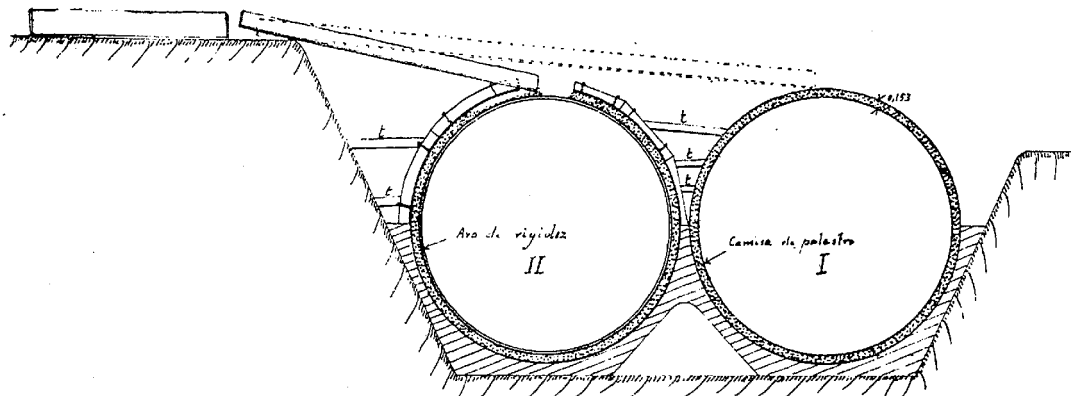


Fig. 42.

ataduras más que en los bastidores de la parte superior, que no se podían apoyar como los inferiores.

La gran ventaja del método empleado por mí para moldear los tubos consistía en que no se hacía depender el moldeo de éstos de los movimientos de carros análogos al que había ideado Mr. Bonna, sino que cada brigada se podía poner inmediatamente á moldear cualquier tubo que estuviese preparado para ello, esto es, con sus mandriles colocados y los tacos en su verdadera posición; de esta suerte se podían hormigonar simultáneamente tantos tubos cuantas brigadas quisieran formarse, enorme ventaja, imposible de conseguir por otro procedimiento.

Al principio del moldeo de los tubos había solamente tres brigadas dedicadas á este trabajo y fui aumentando su número á medida que se iban haciendo los mandriles necesarios, que eran de ejecución algo laboriosa, y á medida que los operarios adquirían la práctica necesaria. Cuando se terminaron los cuarenta mandriles que consideré suficientes para moldear los tubos con la rapidez que era indispensable, elevé hasta once el número de brigadas para el moldeo.

Cada brigada se componía de cuarenta hombres, como término medio, repartidos convenientemente por su capataz en las faenas de transportar los materiales desde los acopios, medirlos, mezclarlos en seco, llevar la mezcla á las albercas, hacer la pasta, recogerla con cubos, verterla en las canaletas ó en los moldes, empujarla, repartirla y colocar los moldes. Con objeto de hacer continua la producción del hormigón tenía dos albercas cada brigada, preparándose en la una la pasta, mientras el contenido de la otra se vertía en el molde. Á cada brigada estaba unida otra volante de seis hombres que hacía su penoso trabajo durante la noche casi siempre ó muy de madrugada; tenía ésta á su cargo preparar los moldes de la mitad inferior del tubo con objeto de que al empezar á trabajar se pudiese verter el hormigón en ellos sin perder momento.

Cada brigada moldeaba al día un tubo ó tubo y medio solamente; en casos excepcionales de ser muy elevada la cota y resultar muy inclinada la canaleta, algunas brigadas llegaron á moldear dos tubos diarios; pero como término medio, no se debe contar sino con un tubo al día por brigada; cada tubo cubica 11 m³ y lleva 99 sacos de cemento de 50 kilogramos cada uno.

Como se ve, la mano de obra para el moldeo de los tubos resultaba extremadamente cara, y eso que la facilitaba de una

ba ni asomo de humedad; por esta razón adopté sin temor el sistema indicado, y á pesar de ello la mano de obra resultó excesivamente cara; de no haber adoptado dicho sistema, hubiera costado aquella cerca del doble.

No cabe presumir cuánto llegaría á costar dicha mano de obra empleando el sistema del carro que pensaba emplear Mr. Bonna, que obligaba á muchas sujeciones y donde apenas había sitio, á pesar de ser tan grande, para que los operarios trabajasen cómodamente.

La razón de este coste tan elevado, sobre todo si se compara con el de las camas, en cuya ejecución brigadas menos numerosas que éstas ejecutaban al día cantidades de obra tres veces mayores que en los tubos, no es otra que la relativa lentitud con que había que verter el hormigón en los moldes, no sólo porque era muy estrecho el sitio por donde tenía que pasar dicho material, sino porque había que procurar la fácil salida del aire con el fin de no formar bolsadas; con este mismo objeto se colocaba el molde á medida que iba subiendo el hormigón y no todo de una vez, pues entonces sería dificultosa dicha salida del aire.

Á las dos horas de terminado el moldeo de un tubo se había endurecido lo suficiente el hormigón para que fuera posible quitar el molde. Entonces se retiraba éste y se llevaba á la brigada que lo necesitase.

La repartición de la brigadas estaba sujeta á cierto orden exigido por las maniobras de los mandriles: si una brigada tenía á su cargo moldear los tubos 24, 25, 26, 27 y 28, por ejemplo, no efectuaba ni podía efectuar su trabajo por este orden sino por el inverso precisamente, esto es, debía moldear primero el tubo 28, luego el 27 y terminar en el 24. Lo hacía así necesario el servicio de los mandriles, que se quitaban de cada tubo al día siguiente de haberlo hormigonado, cuando ya no era de temer que se deformase por su peso.

Al día siguiente de haber moldeado los tubos 28 y 27 se quitaban sus mandriles y se avanzaba con ellos tantos tubos como mandriles al servicio de la brigada quedaban detrás y así se continuaba hasta transportarlos todos. En cambio, si se hubiese empezado á moldear el tubo 24 para terminar en el 28, no hubiera sido posible disponer de los mandriles correspondientes á los tubos 24 y 25 al día siguiente de moldear éstos, porque es- torbaban los siguientes para el transporte de ellos, y como no

era cosa de desarmarlos atravesando los siguientes y volver á armarlos después, se ve que cada brigada no podía ir moldeando sucesivamente los tubos, sino que tenía que saltar de un grupo de tubos á otro y cada grupo moldearlo al revés, por decirlo así, esto es, de adelante hacia atrás.

Resulta de esto que, organizando bien el trabajo, no convenía poner las brigadas muy juntas, porque esto obligaba á que cambiasen frecuentemente de sitio, con pérdida grande de tiempo, al pasar de uno á otro; era preferible dar á cada una un grupo de 7 ú 8 tubos para que durante una semana no tuviese que cambiar su base de operaciones.

Esta separación entre las brigadas, impuesta por el juego de los mandriles, resultó muy conveniente sobre las obras de fábrica, porque facilitaba el suministro de materiales á cada brigada: en efecto, he dicho que en estos sitios se formaban, para el transporte de los sacos rellenos con los materiales mezclados en seco, verdaderos trenes, compuestos de tantas plataformas cargadas como brigadas hubiese en dichos lugares; pues bien, por los espacios que quedaban entre brigada y brigada se entregaban á cada una los materiales que necesitaba, sin interrumpir el trabajo de las otras.

Durante el moldeo de los tubos ya he dicho que los peones iban golpeando por el interior la camisa de palastro, con objeto de evitar la formación de bolsadas en el hormigón. Como éste era muy fluido y producía un empuje muy grande, estos mismos

fluida la pasta, porque entonces la subpresión inferior sería debida á una carga de alguna importancia; pero empleando cerca de un día en moldear un tubo, es claro que, al terminar la operación, estaba ya fraguada la parte inferior.

Al día siguiente de haber hormigonado un tubo se le quitaban los aros de rigidez, que ya no eran necesarios, y los mandriles que había en sus extremos, quedando como indica la figu-

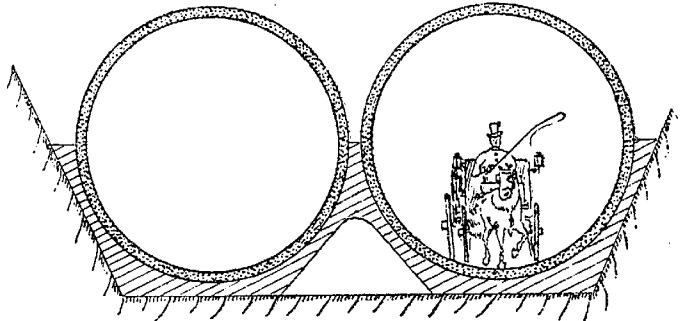


Fig. 43.

ra 43 en sección transversal y la 44 en sección alzado longitudinal por el eje de la tubería II. La figura 45 indica cómo queda-

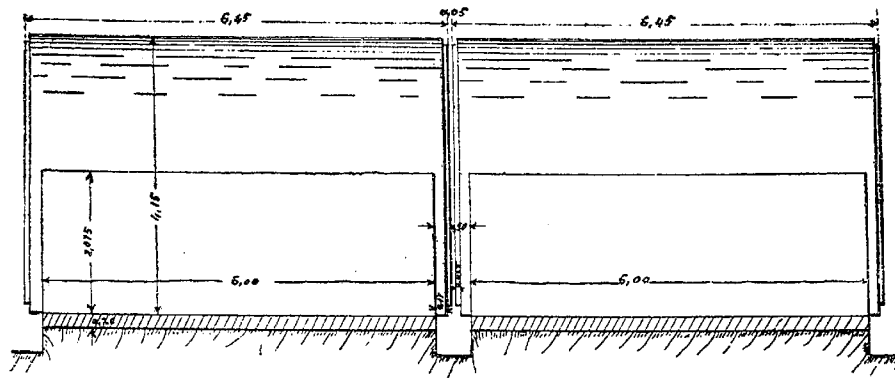


Fig. 44.

peones estaban encargados de vigilar si la camisa de palastro se abollaba hacia adentro; para impedirlo estaban los aros de rigidez que llevaba dicha camisa por su parte interior y también se oponían á ello, con más eficacia que dichos aros, los dos mandriles que llevaba el tubo en sus extremos.

Antes de empezar el moldeo de los tubos tenía yo el temor de que, siendo el hormigón tan fluido, produjese en las camisas de palastro una tendencia á levantarlas de las camas; con el fin de oponerse á este esfuerzo, que luego no me pareció sensible, se procuraba que estuviesen colocados los mandriles en una larga serie de tubos; y de este modo, con el peso de todos éstos, era más difícil que el empuje de la pasta pudiera mover las camisas de palastro. También se oponían á ello el peso de la armadura exterior y el de las personas colocadas, durante el moldeo, en la parte interior del tubo y en su parte superior. Sin embargo, si existía este peligro no era de mucha duración porque la pasta no tardaba en adquirir la consistencia necesaria.

Mayor que este peligro era el que había durante el moldeo de la parte inferior, en la fase representada por la figura 36; entonces el empuje del hormigón, sin contrarresto eficaz, podía doblar algo la camisa de palastro acercándola al costado opuesto de la cama. Para evitarlo, se procuraba hormigonar al mismo tiempo los dos lados utilizando dos canaletas.

Todos estos efectos que acabo de indicar, serían más importantes si al terminar el moldeo de todo el tubo estuviese aún

ban los tubos correspondientes á las camas incompletas sobre las obras de fábrica.

La marcha seguida en el moldeo de la primera tubería fué

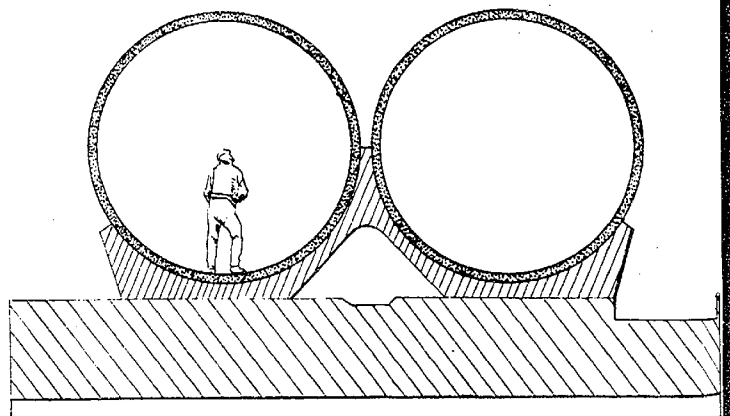


Fig. 45.

la siguiente: primero se moldeó el tubo 9 y se continuó hacia el Sosa, á saltos, como ya he explicado. Otra brigada moldeó los ocho primeros tubos, teniendo que pasar los cubos de hormigón

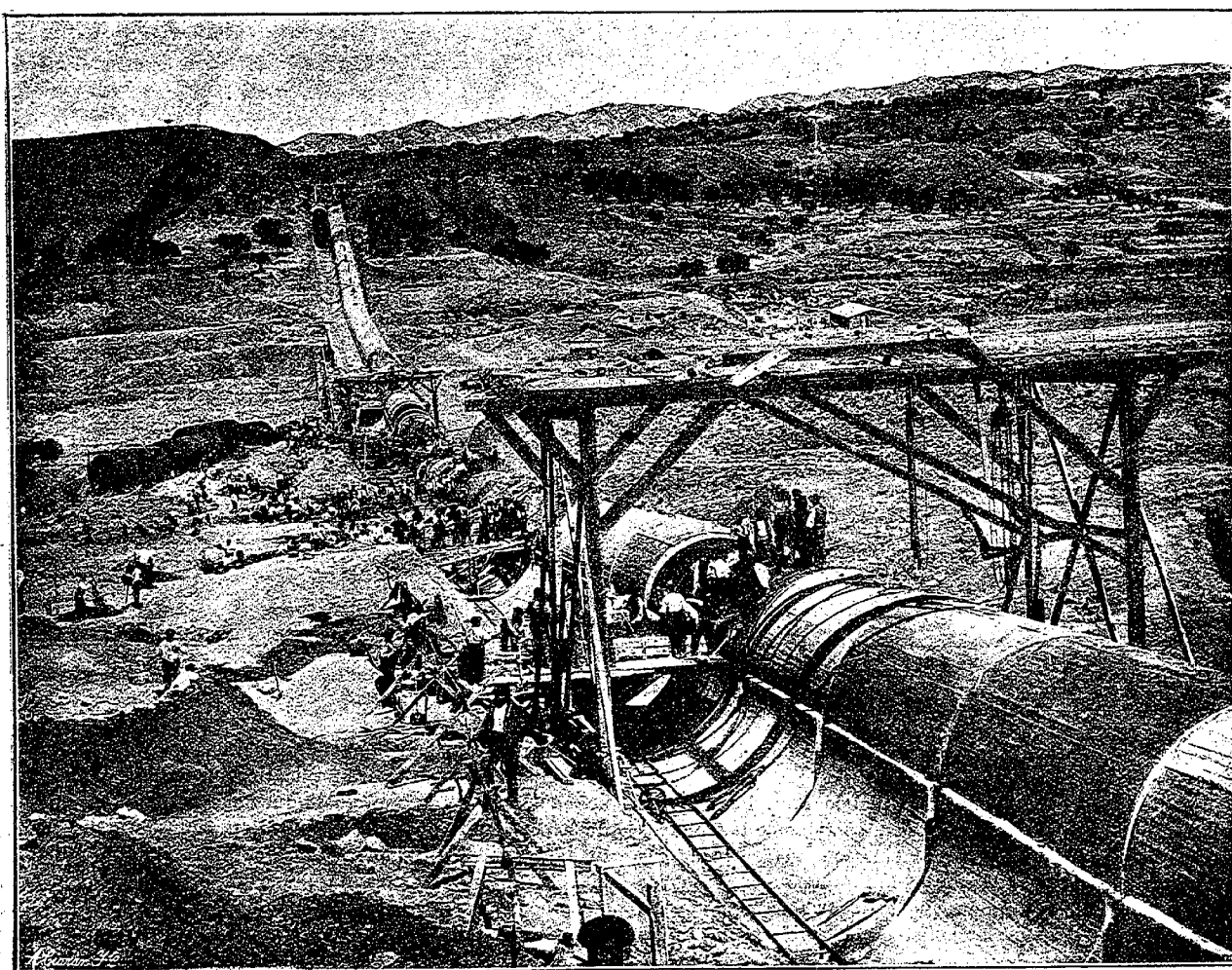
por encima de las ocho primeras camisas de palastro de la tubería II que se habían colocado, como ya indiqué, al mismo tiempo que las contiguas del conducto I. Esta misma brigada moldeó a continuación los tubos 1' y 2' con objeto de ultimar el principio del sifón y poder construir la cabeza de entrada del mismo.

Al llegar al puente del Sosa se empezó a moldear los tubos 158, 157, etc., de la pendiente de salida y se terminó ésta al mismo tiempo que se llegaba al cambio del Sosa, quedando por moldear las pendientes piezométricas y el pontón de Ribabona. Entonces ya estaban contruidos los 40 mandriles; y colocándolos en toda la pendiente que baja desde los tubos piezométricos al Sosa, pude multiplicar las brigadas de moldeo y en tres días quedaron moldeados todos los tubos de dicha pendiente. Aquellos tres días rivalizaban unas brigadas con otras y entonces fué cuando alguna moldeó dos tubos diarios; la animación en toda la pendiente era verdaderamente extraordinaria y de ella da una idea el primer fotograbado que acompaña a este artículo. El segundo representa el moldeo de los tubos en la pendiente de salida y en él se ve la disposición de la canaleta.

de se distribuyeron colocando los que faltaban en la pendiente a los tubos piezométricos y el resto en los tubos que estaban sobre el pontón.

El moldeo en esta otra pendiente se hizo también con mucha rapidez. Al mismo tiempo que se ejecutaba este trabajo se iban colocando en las camas los tubos 88', 87', 86', etc., hasta 55', y los 158', 157' y 156'. Los 158' y 157' se moldearon inmediatamente para poder construir la cabeza de salida del sifón. Se moldearon, por último, los tubos que estaban sobre el pontón de Ribabona, quedando así terminado el moldeo de la tubería I, excepto los tubos de cierre 54 y 121 que no se colocaron ni moldearon hasta terminar la camisa interior, para cuya ejecución fué preciso dejar aquellos boquetes.

En el conducto II fueron casi simultáneas las operaciones de colocar los tubos en las camas y moldearlos. En cuanto se colocaron los tubos de la pendiente que desde los tubos piezométricos baja al Sosa, se procedió a su moldeo y al mismo tiempo se colocaron los tubos de la otra pendiente piezométrica, moldeándolos seguidamente. El carro de la pendiente de salida fué llevado a la de entrada y pronto quedaron colocados y moldeados.



Moldeo de tubos en la rama del Sosa.

Terminado el moldeo de dicha pendiente piezométrica, se transportaron todos los mandriles a la que desde los mismos tubos piezométricos baja al Ribabona; este penoso transporte se hizo rápidamente llevando los mandriles de la mitad superior de la pendiente por dentro de los tubos hasta colocarlos en la posición análoga en la otra pendiente; los de la mitad inferior se sacaron por el boquete del Sosa y se llevaron sobre plataformas, por la vía de circunvalación, al boquete de Ribabona, don-

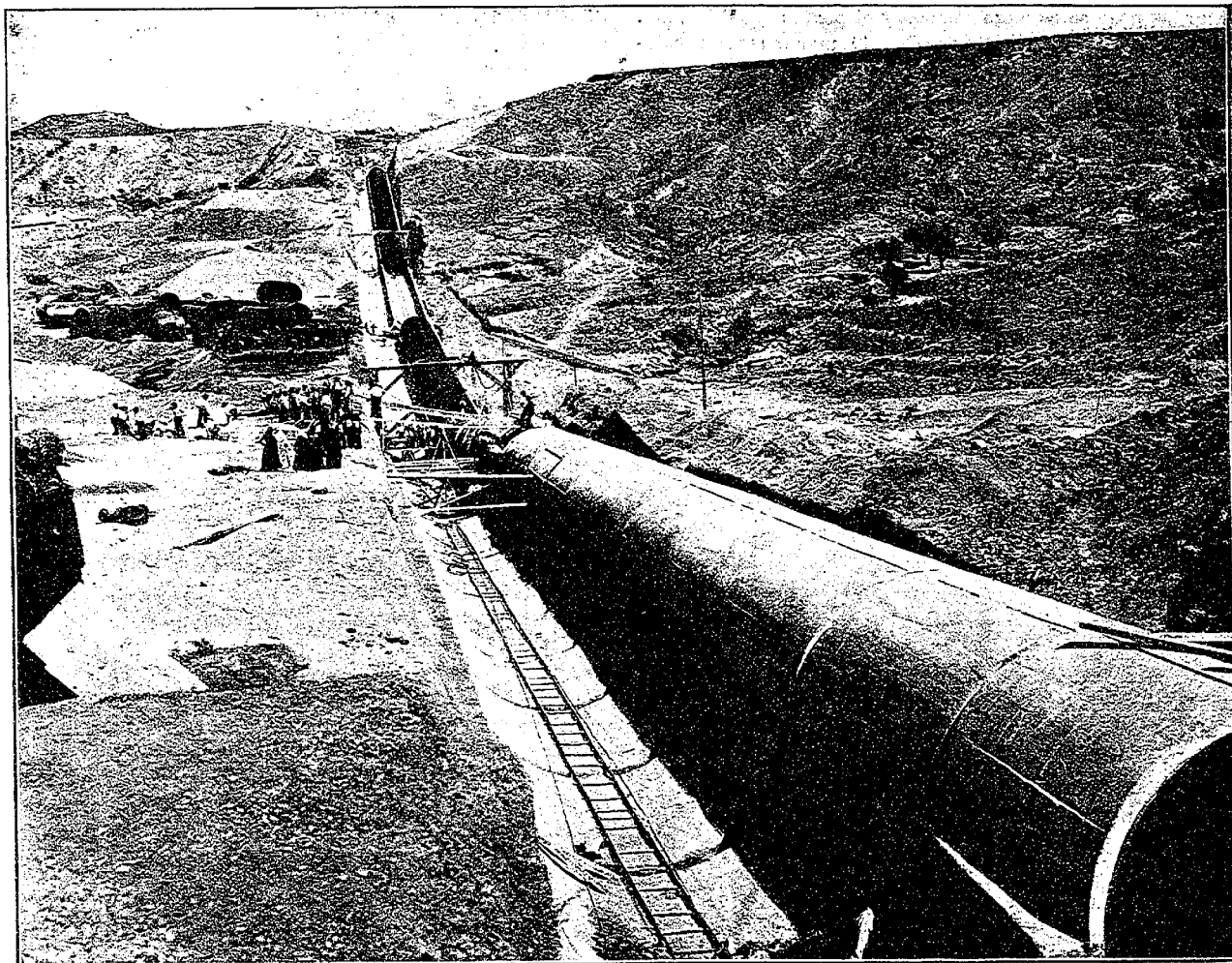
dos los tubos que faltaban en la rama del Sosa; cuando se estaba a la mitad de este trabajo se colocaron los tubos que faltaban en la rama del Ribabona, y ya terminado aquél, quedaron por moldear algunos tubos de esta rama, que pronto se terminaron. En la tubería II quedaron sin colocar ni moldear los tubos 54' y 119', que formaron los boquetes de servicio para la camisa interior.

Durante el moldeo de los tubos ocurrieron pocos percances

dignos de mención. El más corriente era la rotura de los alambres que sujetaban los tableros ó bastidores del molde, reventando éste y vertiéndose el hormigón; este contratiempo, que no ocurría sino con los tableros inferiores, que estaban sometidos á mayor carga, lo anunciaba algunas veces la flecha ó pandeo que tomaban dichos tableros y se evitaba apuntalándolos fuertemente; cuando no se podía atajar á tiempo el escape, había que su-

de lechada; la mayor parte es de suponer que fueron llevados distraídamente á sus casas por los operarios que trabajaban en el sifón, y debe ser ya pópular en algunos pueblos de La Litera el nombre de Vicat, que en grandes caracteres llevaba estampado cada saco.

Los percances de más importancia que ocurrieron durante el moldeo, fueron los que pasaron en los tubos 76 y 77. Cuando es-



Moldeo y colocación de tubos en la rama de Ribabona.

jetar de nuevo el tablero y rellenar otra vez de hormigón el espacio que se había vaciado.

Otro percance muy frecuente al principio eran los escapes de lechada por las uniones defectuosas, como las de las chapas de palastro de la parte inferior del molde con los frentes de las camas; para atajarlos se tapaban los intersticios con trozos de sacos vacíos y también había que emplear este medio en las uniones de los testeros con la camisa de palastro y en las de los tableros con dichos testeros, pues la lechada era finísima y procuraba salir por todas partes. Pues bien, en estos menesteres de atajar escapes de hormigón y en vestidos de los operarios que estaban expuestos á mojarse con la lechada ó con el agua que servía para lavar las camas antes de empezar el moldeo, se emplearon muchos de los 40.000 sacos de cemento llegados á la obra. Para evitar que aumentase pérdida tan grande, prohibí el empleo de sacos y los sustituí por trapos viejos que encargué á Barcelona.

Á pesar de todo llegaron á faltar 12.000 sacos vacíos que valen 6.000 francos y que entonces equivalían á 7.500 pesetas. Claro es que sólo una pequeña parte se empleó en atajar las fugas

taba á medio moldear la parte inferior de este último, los peones que golpeaban en su interior avisaron que la camisa de palastro acaba de sufrir una gran abolladura en su parte central, de más de 30 centímetros de relieve; inmediatamente fui á inspeccionar dicha abolladura y vi que el tubo 76, que se había hormigonado el día anterior, tenía otra más importante aún que la del tubo 77.

Ordené en seguida el vaciado del hormigón que se había vertido ya en este tubo; quitando la chapa de palastro del molde inferior en el extremo más próximo al Sosa, que era el más bajo, salió por aquel sitio una gran parte del hormigón; ayudábase esta operación con una manga empalmada á la tubería DD' (véase el plano que acompaña al artículo II), con la cual se echaba un gran chorro de agua que desleía todo el hormigón. Aun así no fué posible quitar el que había en la parte inferior, que ya se había endurecido algo. En vista de esto se suspendió el tubo con ayuda del carro correspondiente, arrancándolo casi de la cama y se apoyó sobre unos caballetes de pequeña altura interpuestos entre él y ésta; entonces se picó bien todo el hormigón, se volvió á colocar el tubo en su sitio, se quitó la abolladura con auxilio de un mandril y se volvió á hormigonar el tubo.

La causa de lo sucedido fué que antes de haberlo hormigonado se le quitaron más aros de rigidez que los tres que de ordinario se quitaban antes de hacer el moldeo, pues urgía quitarlos algunas veces para ponerlos en otras camisas de palastro que era preciso transportar á las camas.

Con el tubo 76 no era posible emplear el mismo procedimiento de reparación por estar ya dura la pasta, y se puso en práctica el siguiente: se cortó la cama, trabajando por la parte interior de la galería de aligeramiento, en todo el espacio ocupado por la abolladura; se picó el hormigón del tubo en el mismo espacio, y una vez libre éste (fig. 46) se quitó la abolladura

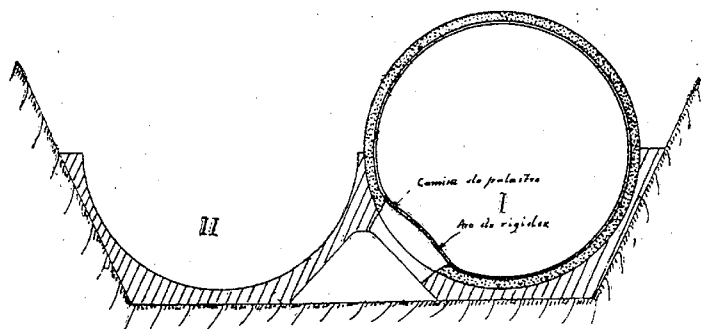


Fig. 46.

de la chapa, siendo precisos para ello dos mandriles, porque era enorme la resistencia que ponía la parte abollada para volver á ocupar su posición primitiva; una vez alcanzada ésta, se rellenó de nuevo el espacio que se había picado, tanto en el tubo como en la cama, quedando puestos los mandriles algunos días por precaución. Claro es que estas operaciones fueron molestísimas y lentas.

Antes de terminar el moldeo de los tubos se dió principio á la ejecución de las juntas para enlazar los trozos de tubo de 6^m,45 de longitud; pero de este punto, del referente á la construcción de la camisa interior armada y del moldeo de las envoltentes sobre las obras de fábrica, así como de los trabajos accesorios, me ocuparé en el artículo siguiente.

MARIANO LUÑA.

Abril 1936.

INFLUENCIA DE LA DESTRUCCIÓN DE LOS BOSQUES Y DE LA DESECACIÓN DE LAS LAGUNAS EN EL RÉGIMEN Y CAUDAL DE LOS RÍOS

(CONTINUACIÓN)

M. C. Apolleti hace á este respecto una atinada observación: «Ante todo, dice, haré observar que para llegar á este estado necesario de equilibrio, no es suficiente que el fenómeno se produzca durante un período de tiempo conveniente, es necesario, además, que la intensidad del fenómeno permanezca invariable en el transcurso de dicho período. Se comprende, en efecto, que en este tiempo se produzcan compensaciones parciales cuyo resultado sea una tendencia hacia el valor medio de la intensidad con una eliminación de las más grandes crisis, lo que ya es una ventaja; pero hay más. Aun admitiendo que por consecuencia de la prolongación de la lluvia se llegue á un punto en que el agua caída sea igual á la recogida en el valle, no está probado que este estado de equilibrio concuerde precisamente con el momento de mayor intensidad. En todos los casos en que yo he tenido que estudiar los fenómenos de este género, en los lagos y en las inundaciones de los valles, he encontrado que este período de equilibrio tiene lugar continuamente durante el período de lluvia decreciente, es decir, cuando ya se ha producido un retro-

ceso en la intensidad del fenómeno; en otros términos, que el fenómeno ha llegado á un máximo de intensidad antes de que se haya agotado la fuerza moderadora, la cual ha producido ya su efecto bienhechor durante el período más crítico.»

Los defensores de las dos tesis opuestas han realizado un gran esfuerzo con estudios minuciosos, remontándose al pasado, para ver si era posible hacer constar una diferencia en el régimen de los ríos desde hace un siglo, época á la cual se remontan, en general, las grandes despoblaciones operadas en Europa; pero se han encontrado en presencia de serias dificultades.

Las Memorias que se refieren á las grandes inundaciones de los pasados siglos, están envueltas en un cúmulo de incertidumbres y dudas, que es muy difícil, por no decir imposible, poder deducir consecuencias ciertas é indiscutibles. Tenemos un ejemplo vivo en el Tíber, río que después del Nilo es, ciertamente el más histórico de todos, para el cual no ha sido posible decir todavía si sus crecidas han sufrido variaciones en el transcurso de los siglos.

Las observaciones hidrométricas regulares no alcanzan más allá de un siglo, y, generalmente, más de cincuenta á sesenta años. Se ha trabajado enormemente para recoger observaciones, deduciendo las medias de los diversos estados del agua en distintos períodos sucesivos, pero siempre han tenido los adversarios de una tesis medio de sacar consecuencias contrarias á las de los otros. Porque, sea porque en muchos lugares los hidrómetros han sufrido cambios de lugar por causas naturales ó por la mano del hombre; sea porque á consecuencia de la elevación de la línea del lecho ó de la corriente, construcción de puentes ó diques, etc., las condiciones del río han sido radicalmente cambiadas; sea todavía porque se han producido ó han podido producirse descensos ó levantamientos del lecho; sea, en fin, porque el caudal de aguas creciendo más rápidamente que las alturas de agua, el hecho es que se ha negado todo valor comparativo á los resultados medios de las observaciones de alturas. Indudablemente, el hecho confirmado es que en cada región de Europa, los períodos de grandes lluvias alternan con períodos relativamente secos, y el de que estos períodos se superponen y se entrelazan con épocas de más ó menos grandes de despoblación ó repoblaciones parciales de bosques, constituyen una complicación y un embrollo, que hace altamente dudosa toda deducción que se quiera sacar de los resultados obtenidos por aquella clase de investigaciones.

Los diversos autores presentan sobre esta parte del problema un número considerable de hechos y observaciones personales ó recogidas por otros. Como impresión general de todos ellos, se puede decir que el conjunto de hechos y de opiniones tiende á admitir una disminución más ó menos sensible en el régimen de las aguas bajas y aguas ordinarias, si bien en estas últimas menos cierto y aparente, en tanto que no se reconoce ningún aumento sensible en las crecidas, y que cuando se trata especialmente de grandes ríos y de crecidas extraordinarias, la opinión que ha prevalecido es que estas últimas son determinadas únicamente por las condiciones climatológicas, contra las cuales no es posible defenderse.

M. Lokhtine, que sostiene valerosamente la tesis de las repoblaciones, insiste con mucha razón en que, á fin de disipar toda duda en el asunto, se adopten las medidas siguientes:

- Establecer con mucha atención numerosas oficinas de observaciones hidrométricas que publiquen las indicaciones.
- Establecer en cada río una escala que indique el gasto con relación á una altura dada.
- Confiar á instituciones estadísticas, tanto públicas como privadas, la conservación y el estudio de los datos recogidos.
- Vigilar por que estas cuestiones figuren en el programa de las Escuelas técnicas.

IV

Respecto á la cuarta subcuestión, ó sea sobre la influencia de los bosques en la capa cultivable y en los desprendimientos